



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0026525  
(43) 공개일자 2024년02월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
     B01J 20/22 (2006.01) B01D 53/02 (2006.01)  
     B01D 53/04 (2006.01) B01D 53/62 (2006.01)  
     B01D 53/82 (2006.01) B01J 20/10 (2006.01)  
     B01J 20/28 (2006.01) B01J 20/32 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
     B01J 20/22 (2013.01)  
     B01D 53/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7005814 (분할)
- (22) 출원일자(국제) 2016년03월23일  
     심사청구일자 2024년02월20일
- (62) 원출원 특허 10-2017-7029951  
     원출원일자(국제) 2016년03월23일  
     심사청구일자 2021년03월23일
- (85) 번역문제출일자 2024년02월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/023727
- (87) 국제공개번호 WO 2016/154278  
     국제공개일자 2016년09월29일
- (30) 우선권주장  
     62/136,918 2015년03월23일 미국(US)  
     62/250,300 2015년11월03일 미국(US)

- (71) 출원인  
     바스프 코포레이션  
     미국 뉴저지주 07932 플로르햄 파크 파크 애비뉴 100
- (72) 발명자  
     기무라, 리이치로  
     미국 07310 뉴저지주 저지 시티 뉴포트 파크웨이 (유닛#1706) 20  
     벨로, 마크, 티.  
     미국 08865 뉴저지주 필립스버리 스톤헨지 드라이브 119  
     (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
     양영준, 이귀동

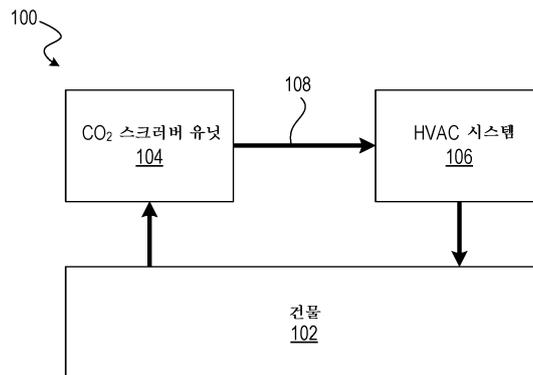
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 실내 공기 질을 제어하기 위한 이산화탄소 수착제

(57) 요약

특정 실시양태에서 아민 화합물로 함침된 다공성 입자를 포함하는 이산화탄소 수착제가 개시된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*B01D 53/0415* (2013.01)

*B01D 53/62* (2013.01)

*B01D 53/82* (2013.01)

*B01J 20/10* (2013.01)

*B01J 20/28007* (2013.01)

*B01J 20/3246* (2013.01)

*B01D 2253/202* (2013.01)

*B01D 2259/4508* (2013.01)

*B01D 2259/4566* (2013.01)

(72) 발명자

**카우프만, 존**

미국 07730 뉴저지주 헤이즐릿 닥트마우스 드라이브 36

**트렌, 파스칼린**

미국 07733 뉴저지주 홀름델 갤러핑 힐 로드 11

---

**보질루스, 아론**

독일 67098 바트 뒤르크하임 임 슈렉 13

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다공성 지지체 상에 배치된 규소-기재 코팅을 포함하는 다공성 지지체; 및  
규소-기재 코팅 상에 코팅된, 아민 화합물을 포함하는 기체-흡착 물질을 포함하는 수착제.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 아민 화합물이 각각 적어도 3개의 아민 모이어티를 포함하는 분자 종들을 포함하는 것인 수착제.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 아민 화합물이 디에탄올아민 및 펜타에틸렌헥사민을 포함하는 것인 수착제.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량이 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 8 g/L 초과인 수착제.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 다공성 지지체가 클레이를 포함하는 것인 수착제.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 수착제의 탈활성화 계수가 25% 초과인 수착제.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 마모 시험을 수행한 후의 수착제의 중량 손실이 3% 미만이고, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량이 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 6 g/L 초과인 수착제.

#### 청구항 8

다공성 지지체를 기체-흡착 물질로 함침시키는 것을 포함하며, 기체-흡착 물질은 아민 화합물 및 히드록실-함유 첨가제를 포함하고, 히드록실-함유 첨가제는 글리세롤, 소르비톨, 수크로스, 폴리에테르, 폴리에스테르, 에틸렌 글리콜 또는 규소-기재 화합물 중 하나 이상을 포함하는 것인, 수착제를 제조하는 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 아민 화합물이 수착제의 총 중량의 20% 내지 40% 범위의 양으로 존재하는 것인 방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 수착제의 탈활성화 계수가 25% 초과인 방법.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 마모 시험을 수행한 후의 수착제의 중량 손실이 3% 미만이고, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량이 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 6 g/L 초과인 방법.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 아민 화합물이 각각 적어도 2개의 아민 모이어티를 포함하는 분자 종들을 포함하는 것인 방법.

**청구항 13**

제8항에 있어서, 아민 화합물이 각각 적어도 3개의 아민 모이어티를 포함하는 분자 종들을 포함하는 것인 방법.

**청구항 14**

제8항에 있어서, 아민 화합물이 디에탄올아민 및 펜타에틸렌헥사민을 포함하는 것인 방법.

**청구항 15**

제8항에 있어서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량이 수착제가 20℃ 초과 및 40℃ 미만의 온도에서 유지되는 경우에 8 g/L 초과인 방법.

**청구항 16**

제8항에 있어서, 다공성 지지체가 클레이를 포함하는 것인 방법.

**청구항 17**

제8항에 있어서, 다공성 지지체가 아타폴자이트를 포함하는 것인 방법.

**청구항 18**

제1 CO<sub>2</sub> 농도를 갖는 제1 부피의 공기를 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 수착제를 포함하는 공기 처리 챔버로 유동시키는 것; 및

수착제를 제1 부피의 공기와 접촉시키는 것을 포함하며,

여기서 접촉 후에 제1 부피의 공기의 제2 CO<sub>2</sub> 농도는 제1 CO<sub>2</sub> 농도 미만인,

공기를 처리하는 방법.

**청구항 19**

필터 유닛; 및

필터 유닛 내에 배치된 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 수착제를 포함하는 자동차 환기 시스템을.

**청구항 20**

필터 유닛; 및

필터 유닛 내에 배치된 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 수착제를 포함하는 항공기 환경 제어 시스템.

**청구항 21**

필터 유닛; 및

필터 유닛 내에 배치된 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 수착제를 포함하는, 대기 공기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 공기 제어 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

## 배경 기술

- [0001] 관련 출원과의 상호-참조
- [0002] 본 출원은 2015년 3월 23일에 출원된 미국 가출원 일련 번호 62/136,918 및 2015년 11월 3일에 출원된 미국 가출원 일련 번호 62/250,300를 우선권 주장하며, 상기 가출원의 개시내용은 그 전문이 본원에 참조로 포함된다.
- [0003] 배경
- [0004] 상업용 건물에서, 공기 질은 종종 실내 공기를 외부 공기로 교체하여 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 농도를 안전한 수준으로 감소시킴으로써 관리된다. 그러나, 이러한 환기는 난방, 환기, 및 냉방 (HVAC) 시스템에서 주요 에너지 소비 원인 (최대 50%)이 된다.
- [0005] HVAC 시스템의 에너지 효율을 개선하기 위해 CO<sub>2</sub> 수확제 물질이 개발되어 왔다. 구체적으로, HVAC 시스템은 재순환된 실내 공기로부터 CO<sub>2</sub>를 흡착한 후에 퍼징 공정을 통해 CO<sub>2</sub>를 외부 공기 중에 방출시키는 CO<sub>2</sub> 수확제를 포함하는 CO<sub>2</sub> 스크리버를 활용해 왔다. 이러한 시스템은 통상적인 HVAC 시스템에서 에너지 절약의 관점에서는 개선되었지만, 수확제 물질은 작업 용량 및 열 노화 안정성에 대한 장기 목표를 충족하지 못한다.

## 발명의 내용

- [0006] 본 개시내용의 다양한 측면의 기본 이해를 제공하기 위해 이러한 측면의 간략한 요약이 하기에 제시된다. 이러한 요약은 개시내용의 광범위한 개요는 아니다. 그것은 개시내용의 핵심적 또는 결정적 요소를 밝히거나 개시내용의 특정한 실시양태의 임의의 범주 또는 청구항의 임의의 범주를 나타내도록 의도되지 않는다. 그것의 유일한 목적은 개시내용의 일부 개념을 이후에 제시되는 더 상세한 설명에 대한 서론으로서 간략한 형태로 제시하는 것이다.
- [0007] 본 개시내용의 한 측면에서, 수확제는 아민 화합물을 포함하는 기체-흡착 물질 및 히드록실-함유 첨가제를 포함한다. 히드록실-함유 첨가제는 글리세롤, 글리세린, 펜타에리트리톨, 소르비톨, 수크로스, 폴리에테르, 폴리에스테르, 에틸렌 글리콜 또는 규소-기재 화합물 중 적어도 하나를 포함한다. 수확제는 기체-흡착 물질로 함침된 다공성 지지체를 추가로 포함한다.
- [0008] 한 실시양태에서, 기체-흡착 물질 및 히드록실-함유 첨가제는 함께 혼합되어 다공성 지지체 상에 코팅을 형성한다. 한 실시양태에서, 히드록실-함유 첨가제는 규소-기재 화합물을 포함하고; 여기서 규소-기재 화합물은 다공성 지지체 상에 규소-기재 코팅을 형성하고; 여기서 기체-흡착 물질은 규소-기재 코팅 상에 코팅된다.
- [0009] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 수확제는 규소-기재 코팅이 배치되어 있는 다공성 지지체; 및 규소-기재 코팅 상에 코팅된, 아민 화합물을 포함하는 기체-흡착 물질을 포함한다.
- [0010] 특정 실시양태에서, 기체-흡착 물질은 디에탄올아민 또는 펜타에틸렌헥사민을 포함하고, 히드록실-함유 첨가제는 글리세롤을 포함한다.
- [0011] 특정 실시양태에서, 규소-기재 코팅은 다공성 지지체 및 규소-기재 코팅의 총 중량의 0% 초과 내지 20%, 다공성 지지체 및 규소-기재 코팅의 총 중량의 0% 초과 내지 5%, 또는 다공성 지지체 및 규소-기재 코팅의 총 중량의 1% 내지 3% 범위의 양으로 존재한다.
- [0012] 특정 실시양태에서, 규소-기재 코팅은 다공성 지지체를 테트라에틸오르토실리케이트, 콜로이드성 실리카 또는 규산나트륨 중 하나 이상으로 처리함으로써 형성되었다.
- [0013] 특정 실시양태에서, 아민 화합물은 수확제의 총 중량의 20% 내지 40%, 또는 수확제의 총 중량의 23% 내지 35% 범위의 양으로 존재한다.
- [0014] 특정 실시양태에서, 수확제의 탈활성화 계수는 25% 초과, 50% 초과, 75% 초과, 80% 초과, 85% 초과, 또는 90% 초과이다.
- [0015] 특정 실시양태에서, 마모 시험을 수행한 후의 수확제의 중량 손실은 3% 미만이고, 수확제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수확제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 6 g/L 초과이다.
- [0016] 특정 실시양태에서, 수확제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수확제가 40°C 내지 60°C의 온도에서 최대 100시간 동안 유지되

는 경우에 초기 CO<sub>2</sub> 흡착 용량의 60% 초과이다.

- [0017] 특정 실시양태에서, 아민 화합물은 각각 적어도 1개의 아민 모이어티, 적어도 2개의 아민 모이어티, 또는 적어도 3개의 아민 모이어티를 포함하는 분자 종들을 포함한다.
- [0018] 특정 실시양태에서, 아민 화합물은 디에탄올아민, 트리에틸렌펜타민, 테트라에틸렌펜타민, 펜타에틸렌헥사민, 트리에틸렌테트라민, 비스(2-히드록시프로필)아민, N,N'-비스(2-히드록시에틸)에틸렌디아민, 모노에탄올아민, 디소프로판올아민, 알킬아민, 메틸아민, 선형 폴리에틸렌아민, 분지형 폴리에틸렌아민, 디메틸아민, 디에틸아민, 메틸디에탄올아민, 메틸에탄올아민 또는 폴리에틸렌 폴리아민 중 하나 이상을 포함한다.
- [0019] 특정 실시양태에서, 아민 화합물은 디에탄올아민 및 펜타에틸렌헥사민을 포함한다.
- [0020] 특정 실시양태에서, 아민 화합물은 디에탄올아민을 포함한다.
- [0021] 특정 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 8 g/L 초과이다. 특정 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 10 g/L 초과이다. 특정 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 15 g/L 초과이다. 특정 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 20 g/L 초과이다.
- [0022] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 클레이를 포함한다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 벤토나이트, 아타풀자이트, 카올리나이트, 몬모릴로나이트, 볼 클레이, 풀러토, 핵토라이트, 팔리고르스카이트, 사포나이트, 세피올라이트, 할로이사이트, 실리카, 황산칼슘, 제올라이트, 합성 제올라이트, 알루미나, 흙 실리카, 활성탄 또는 금속 유기 구조체 중 하나 이상을 포함한다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 아타풀자이트를 포함한다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 실리카가 코팅되어 있는 클레이를 포함한다.
- [0023] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 50 m<sup>2</sup>/g 초과이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 100 m<sup>2</sup>/g 초과이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 100 m<sup>2</sup>/g 초과 및 120 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 200 m<sup>2</sup>/g 초과이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 500 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 400 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 기체-흡착 물질로의 함침 전에 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 300 m<sup>2</sup>/g 미만이다.
- [0024] 특정 실시양태에서, 수착제의 평균 기공 부피는 0.2 cc/g 초과 및 0.8 cc/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 수착제의 평균 기공 부피는 0.4 cc/g 초과 및 0.5 cc/g 미만이다.
- [0025] 특정 실시양태에서, 수착제는 과립의 형태이다. 특정 실시양태에서, 과립의 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 5 mm 범위이다. 특정 실시양태에서, 과립의 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 1.5 mm 범위이다.
- [0026] 특정 실시양태에서, 수착제는 수착제가 위시코팅되어 있는 다공성 세라믹 허니콤, 금속성 허니콤 또는 중합체성 발포체의 형태이다.
- [0027] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 분말의 형태이다. 특정 실시양태에서, 수착제는 기체-흡착 물질로의 함침 후에 분말로부터 형성된 과립의 형태이다.
- [0028] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 수착제 (예를 들어, 임의의 전술된 수착제 실시양태)의 제조 방법은 다공성 지지체를 기체-흡착 물질로 함침시키는 것을 포함한다. 기체-흡착 물질은 아민 화합물을 포함하고, 히드록실-함유 첨가제는 글리세롤, 소르비톨, 수크로스, 폴리에테르, 폴리에스테르, 에틸렌 글리콜 또는 규소-기체 화합물 중 하나 이상을 포함한다. 한 실시양태에서, 방법은 함침 전에 다공성 지지체를 소성시키는 것을 추가로 포함한다. 한 실시양태에서, 방법은 기체-흡착 물질을 히드록실-함유 첨가제와 혼합하는 것을 추가로 포함하며, 여기서 다공성 지지체를 함침시키는 것은 다공성 지지체를 기체-흡착 물질 및 히드록실-함유 첨가제로 동시에 함침시키는 것을 포함한다.
- [0029] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 수착제의 제조 방법은 규소-기체 코팅을 다공성 지지체 상에 형성하여 코팅된 지지체를 형성하는 것; 및 코팅된 지지체를 아민을 포함하는 기체-흡착 물질로 함침시키는 것을 포함한다. 한 실시양태에서, 규소-기체 코팅을 다공성 지지체 상에 형성하는 것은 다공성 지지체를 테트라에틸오르토실리케이

트, 콜로이드성 실리카 또는 규산나트륨 중 하나 이상으로 처리하는 것을 포함한다. 한 실시양태에서, 방법은 규소-기재 코팅을 형성하기 전에 또는 규소-기재 코팅을 형성한 후에 코팅된 지지체를 소성시키는 것을 추가로 포함한다.

- [0030] 특정 실시양태에서, 소성시키는 것은 400°C 내지 600°C, 또는 540°C 내지 580°C의 온도에서 소성시키는 것을 포함한다.
- [0031] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, CO<sub>2</sub> 스크리빙 시스템은 CO<sub>2</sub> 스크리빙 시스템 내에 수용된 공기의 흐름과 접촉하도록 배열된 하나 이상의 여과 카트리지가; 및 하나 이상의 여과 카트리지 내에 배치된 전술된 수착제의 임의의 실시양태를 포함한다.
- [0032] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 공기를 처리하는 방법은 제1 CO<sub>2</sub> 농도를 갖는 제1 부피의 공기를 전술된 수착제의 임의의 실시양태를 포함하는 공기 처리 챔버로 유동시키는 것; 및 수착제를 제1 부피의 공기와 접촉시키는 것을 포함하며, 여기서 접촉 후에 제1 부피의 공기의 제2 CO<sub>2</sub> 농도는 제1 CO<sub>2</sub> 농도 미만이다. 한 실시양태에서, 제1 부피의 공기는 건물 실내로부터의 재순환된 공기를 포함한다. 한 실시양태에서, 방법은 제3 CO<sub>2</sub> 농도를 갖는 제2 부피의 공기를 공기 처리 챔버 내로 유동시키는 것; 및 수착제를 제2 부피의 공기와 접촉시키는 것을 추가로 포함하며, 여기서 접촉 후에 제2 부피의 공기의 제4 CO<sub>2</sub> 농도는 제3 CO<sub>2</sub> 농도 초과이다. 한 실시양태에서, 제2 부피의 공기는 건물 외부로부터의 공기를 포함한다.
- [0033] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 자동차 환기 시스템은 필터 유닛 및 필터 유닛 내에 배치된 전술된 수착제의 임의의 실시양태를 포함한다.
- [0034] 본 개시내용의 또 다른 측면에서, 대기 공기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 공기 제어 시스템은 필터 유닛 및 필터 유닛 내에 배치된 전술된 수착제의 임의의 실시양태를 포함한다.
- [0035] 본원에서 사용되는 바와 같이, "탈활성화 계수"는 열중량 분석을 사용하는 열 노화에 대한 수착제의 안정성의 척도로서 사용된다. 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 평가하는 경우에, 탈활성화 계수는 수착제를 노화시킨 후 (조건: N<sub>2</sub> 중에 100°C에서 6시간 동안 및 이어서 공기 중에 90°C에서 2시간 동안)의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 대 초기 CO<sub>2</sub> 흡착 용량의 비에 상응한다. 탈활성화 계수가 더 높다는 것은 수착제가 노화에 대해 더 높은 안정성을 갖는다는 것을 나타낸다. CO<sub>2</sub> 사이클의 흡착/탈착을 위한 전형적인 조건은 하기와 같다: 30분 동안 1000 ppm CO<sub>2</sub> (공기 밸런스: 20% O<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub> 밸런스), 30°C에서 흡착; 30분 동안 400 ppm CO<sub>2</sub> (N<sub>2</sub> 밸런스), 50°C에서 탈착.
- [0036] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "흡착성 물질"은 그것의 구조 내에서 기체 분자, 이온, 또는 다른 종과 접촉할 수 있는 (예를 들어, 공기로부터 CO<sub>2</sub>를 제거할 수 있는) 물질을 지칭한다. 구체적인 물질은 클레이, 금속 유기 구조체, 활성 알루미나, 실리카겔, 활성 탄소, 분자체 탄소, 제올라이트 (예를 들어, 분자체 제올라이트), 중합체, 및 수지를 포함하지만 이로 제한되지 않는다. 특정 흡착성 물질은 우선적으로 또는 선택적으로 특정한 종과 접촉할 수 있다.
- [0037] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "흡착 용량"은 흡착성 물질이 특정 작업 조건 (예를 들어 온도 및 압력)에서 흡착할 수 있는 화학종의 양에 대한 작업 용량을 지칭한다. 흡착 용량의 단위는, g/L의 단위로 주어지는 경우에, 수착제의 리터당 흡착된 기체의 그래프에 상응한다.
- [0038] 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "활성화"는 흡착 물질 (예를 들어, CO<sub>2</sub> 수착제 입자)을 그의 저장 용량을 증가시키는 방식으로 처리하는 것을 지칭한다. 전형적으로, 처리는 물질의 의도된 목적을 위한 물질의 용량을 증가시키기 위해 흡착 부위로부터의 오염물 (예를 들어, 물, 비-수성 용매, 황 화합물 및 고급 탄화수소)의 제거를 초래한다.
- [0039] 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 본원에서 사용되는 용어 "입자"는 각각 0.1 μm 내지 50 mm 범위의 최대 치수를 갖는 물질의 이산 부분들의 집합체를 의미한다. 입자의 형태는 결정질, 반결정질 또는 무정형일 수 있다. 용어 "입자"는 또한 반경이 1 nm에 이르는 분말을 포함할 수 있다. 본원에서 개시되는 크기 범위는, 달리 언급이 없는 한, 평균 또는 중앙 크기일 수 있다. 또한 입자는 구형일 필요는 없지만 정육면체, 원통, 원반 또는 관련 기술분야의 통상의 기술자가 알고 있는 바와 같은 임의의 다른 적합한 형상의 형태일 수 있다는 것을 유념하도록 한다. "과립"은 입자의 한 유형일 수 있다.

- [0040] 또한 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "모노리스"는 흡수성 물질을 지칭하는 경우에 물질의 단일 블록을 지칭한다. 단일 블록은 예를 들어 벽돌, 원반 또는 막대기의 형태일 수 있고 증가된 기체 흐름/분포를 위한 채널을 함유할 수 있다. 특정 실시양태에서, 다수의 모노리스가 원하는 형상을 형성하도록 함께 배열될 수 있다.
- [0041] 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "아민 화합물"은 각각 적어도 1개의 1급, 2급 또는 3급 아민을 갖는 하나 이상의 분자 종들을 지칭한다. 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "폴리아민"은 각각 1급, 2급 및 3급 아민으로부터 선택되는 적어도 2개의 아민을 갖는 하나 이상의 분자 종들을 지칭한다. 폴리아민의 유형에는 디아민, 트리아민, 테트라아민 등이 포함된다.
- [0042] 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "규소-기재 코팅"은 규소, 예컨대 실리카, 콜로이드성 실리카 또는 규산나트륨을 포함하는 코팅 층을 지칭한다.
- [0043] 또한 본원에서 사용되는 바와 같이, 측정량과 연관되어 사용되는 용어 "약"은 측정을 실행하고 측정 목적 및 측정 설비의 정밀도에 부합하는 주의 수준을 발휘하는 통상의 기술자에 의해 예측되는 바와 같은 측정량에 있어서의 정상적인 변화를 지칭한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0044] 본 개시내용은 첨부된 도면에서 예로써 제한을 두지 않고 예시되며, 도면에 있어서
  - 도 1은 개시내용의 한 실시양태에 따른 예시적인 공기-흐름 시스템을 도시하고;
  - 도 2는 개시내용의 또 다른 실시양태에 따른 예시적인 공기-흐름 시스템을 도시하고;
  - 도 3은 개시내용의 한 실시양태에 따른 CO<sub>2</sub> 수확제의 제조 방법을 예시하는 흐름도이고;
  - 도 4는 개시내용의 한 실시양태에 따른 CO<sub>2</sub> 수확제의 또 다른 제조 방법을 예시하는 흐름도이고;
  - 도 5는 아민 화합물의 양이 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 및 탈활성화 계수에 미치는 효과를 예시하고;
  - 도 6은 다양한 수확제에 있어서 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 대 탈활성화 계수를 예시하고;
  - 도 7은 다양한 수확제에 있어서 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 대 탈활성화 계수를 예시하고;
  - 도 8a는 다양한 수확제의 내마모성을 예시하고;
  - 도 8b는 마모 시험에서 사용되는 다양한 수확제의 파라미터를 제시하는 표이고;
  - 도 9는 다양한 수확제에 있어서 노화 시간이 CO<sub>2</sub> 흡착에 미치는 효과를 예시하고;
  - 도 10은 수회 흡착/탈착 사이클 후의 CO<sub>2</sub> 흡착 성능을 예시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0045] 본원에서 기술되는 실시양태는 난방, 환기, 및 냉방 (HVAC) 시스템을 위한 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 수확제, 특히 상업용 사무실 건물에서의 에너지 소비를 감소시키기 위해 개선된 흡착 용량 및 내구성을 갖는 수확제에 관한 것이다. HVAC 시스템의 CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛에서 고체 CO<sub>2</sub> 수확제를 활용하면, 외부 공기를 사용한 희석을 통해 실내 CO<sub>2</sub> 농도 수준을 감소시키기 위한 환기의 빈도를 감소시켜 에너지 소비를 감소시킬 수 있다.
- [0046] 본 개시내용의 특정 실시양태는 높은 CO<sub>2</sub> 흡착 용량, 반복된 사용에 대한 높은 안정성 (열/노화 안정성), 및 높은 내마모성을 갖는 CO<sub>2</sub> 수확제에 관한 것이다. CO<sub>2</sub>의 흡착은 전형적인 실내 공기 조건 (예를 들어, 1000 ppm CO<sub>2</sub>에서 25°C 내지 30°C)에서 일어나고, 탈착은 텍사스와 같은 더운 기후 지역의 전형적인 실외 공기 조건 (예를 들어, 400 ppm CO<sub>2</sub>에서 45°C 내지 50°C)에서 일어난다. 예시적인 수확제는 활성 기체-흡착 성분으로서 작용하는 아민 화합물 및 아민 화합물을 위한 높은 표면적의 지지체로서 작용하는 다공성 지지체를 포함한다. 일부 실시양태에서, 수확제는 높은 흡착 효율을 제공하는 폴리아민 뿐만 아니라 아민 적체를 위한 높은 기공 부피 및 표면적 및 내마모성을 위한 높은 부피 밀도를 갖는 다공성 물질을 함유한다. 폴리아민은 수확제로 하여금 더 높은 온도, 예를 들어 최대 80°C의 온도에서 재생되게 한다.

- [0047] 일부 실시양태에서, 과립은 공기 여과 시스템 내에 포함되는 경우에 압력 강하가 덜하고 취급이 용이하기 때문에 사용된다. 일부 실시양태에서, 수착제는 압출물을 형성하도록 압출되는 높은 기공률의 실리카 분말 및/또는 클레이 분말을 활용한다. 실리카 분말은 높은 기공률을 압출물에 제공하는 경향이 있고, 클레이 분말은 높은 내마모성을 압출물에 제공하는 경향이 있다. 이러한 실시양태는 종래의 수착제보다 적어도 2배의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 나타내었다.
- [0048] 본 개시내용의 특정 실시양태는 아타폴자이트-기재 지지체 상에 디에탄올아민 (DEA)을 포함하는 수착제에 관한 것이다. 특정 실시양태에서, 아타폴자이트-기재 지지체는 중량 기준으로 70 wt% 초과인 아타폴자이트와 함께 실리카, 칼슘, 및 벤토나이트 불순물 뿐만 아니라 휘발성 불순물을 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 규소-기재 코팅으로 코팅된 아타폴자이트-기재 지지체 상에 함침된 DEA는 규소-기재 코팅 없이 직접 아타폴자이트-기재 지지체 상에 함침된 DEA보다 50°C에서의 노화 및 다중 흡착/재생 사이클 시험에 대해 더 높은 안정성을 나타낸다는 것이 밝혀졌다.
- [0049] 도 1-2는 개시내용의 한 실시양태에 따른 예시적인 공기-흐름 시스템(100)을 도시한다. 시스템(100)은 건물(102)의 일부로서 설치된 CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104) 및 HVAC 시스템(106)을 포함한다. 도 1에 제시된 바와 같이, CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104) 및 HVAC 시스템(106)은 서로에 및 건물(102)의 실내 공기 공간에 유체적으로 결합되어서, 재순환 공기 흐름 경로(108)가 확립된다. CO<sub>2</sub>가 건물(102)의 실내 공기 공간 내에 쌓임에 따라, 실내 공기는 CO<sub>2</sub> 수착제를 사용하여 과량의 CO<sub>2</sub>를 흡착하는 CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104)을 통해 재순환된다. 이어서 처리된 공기는 HVAC 시스템(106)을 통과하고, 이는 건물(102) 내로 재순환되기 전에 (예를 들어, 먼지 및 다른 미립자의 제거를 위해) 추가로 여과되고 가열 또는 냉각될 수 있다.
- [0050] 도 2에 제시된 바와 같이, CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104)은 CO<sub>2</sub> 수착제로부터 흡착된 CO<sub>2</sub>를 퍼징하기 위한 퍼징 공정을 활용할 수 있다. 특정 실시양태에서, 낮은 CO<sub>2</sub> 농도를 갖는 실외 (외부) 공기를 끌어들이기 위해 퍼징 공기 흐름 경로(110)가 확립된다. CO<sub>2</sub> 스크러버는 흡착된 CO<sub>2</sub>를 탈착시켜 퍼징 공기 흐름 경로(110) 및 외부 환경으로 보내는 것을 촉진하기 위해 CO<sub>2</sub> 수착제에 (예를 들어, 가열 요소를 사용하여) 열을 가할 수 있다. 일부 실시양태에서, CO<sub>2</sub> 스크러버는 뜨거운 실외 공기 (예를 들어, 40°C 내지 50°C 공기)를 단독으로 또는 CO<sub>2</sub> 수착제에 열을 가하는 것과 병행하여 활용할 수 있다. 일부 실시양태에서, 공기 흐름 경로(108 및 110) 중 단지 하나만이 임의의 주어진 시간에 확립된다. 일부 실시양태에서, 퍼징 공정은 재순환된 공기가 여전히 유통하는 동안에 일어날 수 있다. 예를 들어, CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104)은 건물(102)로부터 나온 재순환된 공기의 방향을 바꾸어서 그것이 수착제와 접촉하지 않고서 HVAC 시스템(106) 내로 흘러가게 하고, 반면에 퍼징 공기 흐름 경로(110)는 수착제를 재생하는 데 사용된다 (예를 들어, CO<sub>2</sub> 탈착). 일부 실시양태에서, CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104)은 다수의 수착제를 포함할 수 있고 다수의 공기 흐름 경로를 한정할 수 있다. 예를 들어, CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛(104)은 제1 수착제에 의해 재순환된 공기의 CO<sub>2</sub>를 처리할 수 있고, 그와 동시에 재순환된 공기로부터 단리된 제2 수착제를 재생시킬 수 있다. 제2 수착제가 재생되고 나면, 그것은 재순환된 공기 및 제1 수착제와 접촉하도록 놓일 수 있다. 제1 수착제는 이후에 퍼징 공정에 의해 재순환된 공기로부터 단리되어 재생될 수 있다.
- [0051] CO<sub>2</sub> 수착제는 과립, 예컨대 구형 펠렛, 정육면체 펠렛, 원반, 압출물, 비드, 분말, 또는 임의의 다른 적합한 형태의 형태일 수 있다. 일부 실시양태에서, 과립의 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 5 mm 범위이다. 일부 실시양태에서, 평균 크기는 0.25 mm 내지 1.5 mm 범위이다. 일부 실시양태에서, 평균 크기는 0.25 mm 내지 2.4 mm 범위이다. 일부 실시양태에서, 다른 크기가 활용될 수 있다. 일부 실시양태에서, 과립은 카트리지에 적재될 수 있고, 이는 후속적으로 CO<sub>2</sub> 스크러버 유닛 내에 적재/적층될 수 있다. 일부 실시양태에서, 수착제는 위시코팅된 수착제 (예를 들어 폴리아민 함침된 분말, 예컨대 실리카 분말의 위시코트)를 갖는 다공성 세라믹 허니콤, 금속성 허니콤 또는 중합체성 발포체의 형태일 수 있다.
- [0052] 도 3은 개시내용의 한 실시양태에 따른 CO<sub>2</sub> 수착제의 제조 방법(300)을 예시하는 흐름도이다. 도 3은 블록 302에서 시작되는데, 여기서는 다공성 지지체 (예를 들어, 복수의 다공성 입자)가 제공된다. 다공성 지지체는 기체-흡착 물질, 예컨대 아민 화합물로의 함침을 위한 높은 표면적의 다공성 지지체로서 작용할 수 있다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 클레이 입자 (예를 들어, 벤토나이트, 아타폴자이트, 카올리나이트, 몬토릴로나이트, 불 클레이, 플러토, 핵토라이트, 팔리고르스카이트, 사포나이트, 세피올라이트, 할로이사이트, 다른 클레

이 물질, 또는 그의 조합)를 포함한다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 실리카, 황산칼슘, 제올라이트, 합성 제올라이트, 알루미늄, 티타니아, 흡수 실리카, 활성탄, 금속 유기 구조체, 다른 유형의 다공성 물질, 또는 그의 조합을 포함한다.

- [0053] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 복수의 다공성 입자, 예컨대 과립을 포함한다. 특정 실시양태에서, 입자/과립의 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 5 mm 범위이다. 특정 실시양태에서, 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 1.5 mm 범위이다. 특정 실시양태에서, 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 2.4 mm 범위이다.
- [0054] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 분말 형태의 복수의 다공성 입자를 포함한다. 특정 실시양태에서, 입자/분말의 평균 크기는 약 1.0 μm 내지 약 100 μm 범위이다. 특정 실시양태에서, 평균 크기는 약 5.0 μm 내지 약 50 μm 범위이다.
- [0055] 다공성 지지체의 표면적은 (DIN 66131의 개정판인) DIN ISO 9277:2003-05에 따른 브루нау어-에메트-텔러 (Brunauer-Emmett-Teller: BET) 방법에 의해 결정될 수 있다. 비표면적은 0.05-0.3 p/p<sub>0</sub>의 상대 압력 범위에서 멀티포인트 BET 측정에 의해 결정된다.
- [0056] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적 (예를 들어, BET 표면적)은 기체-흡착 물질로의 함침 전에는 27 m<sup>2</sup>/g 초과이다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 분말 형태의 복수의 다공성 입자를 포함한다. 특정 실시양태에서, 입자/분말의 평균 크기는 약 1.0 μm 내지 약 100 μm 범위이다. 특정 실시양태에서, 평균 크기는 약 5.0 μm 내지 약 50 μm 범위이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 75 m<sup>2</sup>/g 초과 및 300 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 100 m<sup>2</sup>/g 초과 및 120 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 200 m<sup>2</sup>/g 초과이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 500 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 400 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 표면적은 200 m<sup>2</sup>/g 초과 및 300 m<sup>2</sup>/g 미만이다. 규소-기재 코팅이 다공성 지지체에 도포된 것인 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 표면적은 적어도 5%, 적어도 10%, 적어도 20%, 적어도 30%, 5% 내지 40%, 10% 내지 40%, 또는 20% 내지 40%만큼 증가한다.
- [0057] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 평균 기공 부피 (예를 들어, 바레트-조이너-할렌다(Barrett-Joyner-Halenda) 기공 부피)는 0.2 mL/g 초과 및 0.8 mL/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 부피는 0.4 mL/g 초과 및 0.5 mL/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 부피는 0.1 mL/g 초과 및 3.0 mL/g 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 부피는 0.2 mL/g 초과 및 2.0 mL/g 미만이다. 규소-기재 코팅이 다공성 지지체에 도포된 것인 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 평균 기공 부피는 최대 7%, 최대 10%, 최대 15%, 최대 20%, 최대 25%, 5% 내지 10%, 5% 내지 20%, 또는 5% 내지 25%만큼 감소한다.
- [0058] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 평균 기공 반경 (예를 들어, BET 기공 반경)은 80 옹스트롬 초과 및 120 옹스트롬 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 반경은 90 옹스트롬 초과 및 110 옹스트롬 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 반경은 85 옹스트롬 초과 및 95 옹스트롬 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 반경은 10 옹스트롬 초과 및 300 옹스트롬 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 반경은 15 옹스트롬 초과 및 250 옹스트롬 미만이다. 특정 실시양태에서, 평균 기공 반경은 20 옹스트롬 초과 및 200 옹스트롬 미만이다. 규소-기재 코팅이 다공성 지지체에 도포된 것인 특정 실시양태에서, 다공성 지지체의 평균 기공 부피는 최대 10%, 최대 15%, 최대 20%, 10% 내지 30%, 15% 내지 25%, 10% 내지 20%, 또는 20% 내지 30% 감소한다.
- [0059] 본 개시내용의 실시양태에서 활용되는 다공성 지지체의 용량을 증가시키기 위해, 다공성 지지체는 활성화될 수 있다. 활성화는 다공성 지지체 (예를 들어, 입자)를, 주위 온도, 진공, 불활성 기체 흐름, 또는 그의 임의의 조합을 포함하지만 이로 제한되지 않는 다양한 조건에 다공성 지지체를 활성화하기에 충분한 시간 동안 적용하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 다공성 지지체는 소성에 의해 활성화될 수 있다. 특정 실시양태에서, 활성화는, 다공성 지지체를 규소-기재 코팅으로 코팅하기 전에, 다공성 지지체를 규소-기재 코팅으로 코팅한 후에, 및/또는 아민 화합물로 함침한 후에, 수행될 수 있다.
- [0060] 특정 실시양태에서, 활성화는 물 분자를 흡착 부위로부터 제거하는 것을 포함한다. 다른 실시양태에서, 활성화는 다공성 지지체의 제조 후에 남은 흡착 부위로부터 비-수성 용매 분자를 제거하는 것을 포함한다. 그 밖의 추가의 실시양태에서, 활성화는 흡착 부위로부터 황 화합물 또는 고급 탄화수소를 제거하는 것을 포함한다. 활성화 공정에서 불활성 기체 퍼지를 활용하는 실시양태에서, 후속 용매 회수 단계가 또한 고려된다. 특정 실시양태에서, 오염물 (예를 들어, 물, 비-수성 용매, 황 화합물 또는 고급 탄화수소)이 분자 수준에서 다공성 지지체로부터 제거된다.

[0061] 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 기체-흡착 물질로의 함침 전에 소성된다. 소성은 특정 실시양태에서 400 °C 내지 600 °C, 다른 실시양태에서 540 °C 내지 580 °C, 또는 다른 실시양태에서 100 °C 내지 150 °C의 온도에서 수행될 수 있다.

[0062] 일부 실시양태에서, 히드록실-함유 첨가제는 규소-기재 화합물일 수 있다. 이러한 실시양태에서, 규소-기재 코팅은 다공성 지지체 상에 규소-기재 코팅을 형성할 수 있다. 일부 실시양태에서, 코팅된 지지체는 규소-기재 코팅을 형성하기 전에 또는 후에 소성될 수 있다. 코팅된 지지체의 실시양태는 도 4와 관련하여 추가로 기술된다.

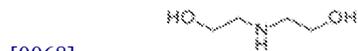
[0063] 블록 304에서는, 아민 용액이 제공된다. 아민 용액은 아민 화합물 (예를 들어, 하나 이상의 유형)을 함유할 수 있다. 아민 화합물은 하나 이상의 1급 아민, 하나 이상의 2급 아민, 및 하나 이상의 3급 아민을 갖는 유기 분자 종들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 아민 종 (예를 들어, DEA) 및 제2 아민 종 (예를 들어, PEHA)을 갖는 용액은 제1 농도의 제1 아민 종 및 제2 농도의 제2 아민 종을 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 아민 용액은 임의의 다른 유형의 아민 종 없이 DEA를 함유한다.

[0064] 아민 종의 예는 하기에 제시되어 있다:

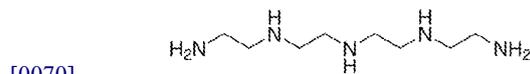
[0065] 디에탄올아민 (DEA)

[0066] M: 105.14 g/mol

[0067] 비점: 269.9 °C



[0069] 트리에틸렌펜타민 (TEPA)



[0071] M: 189.30 g/mol

[0072] 비점: 340 °C

[0073] 펜타에틸렌헥사민 (PEHA)

[0074] M: 232.37 g/mol

[0075] 비점: 380 °C



[0077] 다른 아민 종은 트리에틸렌테트라민, 테트라에틸렌펜타민, 비스(2-히드록시프로필)아민, N,N'-비스(2-히드록시에틸)에틸렌디아민, 모노에탄올아민, 디소프로판올아민, 알킬아민, 메틸아민, 폴리에틸렌이민 (분지형 또는 선형), 디메틸아민, 디에틸아민, 메틸디에탄올아민, 메틸에탄올아민, 및 폴리에틸렌 폴리아민을 포함하지만 이로 제한되지 않는다.

[0078] 특정 실시양태에서, 아민 화합물의 구체적인 조성물은 해비 폴리아민(Heavy Polyamine) X (다우(Dow)), 에틸렌아민 E-100 (헌츠만(Huntsman)), HEPA 및 HEPAS140 (델라민(Delamine)), 또는 그의 조합을 포함할 수 있다.

[0079] 특정 실시양태에서, 아민 기체-흡착 효율 및 노화 내성을 증가시키기 위한 하나 이상의 히드록실-함유 첨가제. 특정 실시양태에서, 하나 이상의 히드록실-함유 첨가제는 하나 이상의 알콜 (예를 들어, 글리세롤)을 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 하나 이상의 히드록실-함유 첨가제는 글리세롤, 소르비톨 또는 수크로스 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0080] 블록 306에서는, 다공성 지지체가 아민 용액과 혼합되어 수착제를 형성한다. 다공성 지지체는 (예를 들어, 초기 습윤 함침을 통해) 아민 화합물로 함침될 수 있다. 함침은 주위 온도, 다양한 분위기 조건 (예를 들어, 공기 하, 질소 분위기 하, 진공 하, 또는 저압 질소 분위기 하), 불활성 기체 흐름, 또는 그의 임의의 조합을 포

함하지만 이로 제한되지 않는 다양한 조건 하에 일어날 수 있다.

- [0081] 블록 308에서는, 수착제가 건조된다. 블록 310에서는, 수착제가 소정 부피의 공기와 접촉하고, 상기 부피의 공기로부터 기체를 흡착하도록 조정된다. 일부 실시양태에서 기체는 CO<sub>2</sub>이다. 일부 실시양태에서, CO<sub>2</sub>에 추가하여 또는 대신에 다른 기체 (예를 들어, 휘발성 유기 화합물)가 흡착될 수 있다.
- [0082] 특정 실시양태에서, 건조 후에, 다공성 지지체 상에 함침된 아민 화합물 (예를 들어, 디에탄올아민)의 중량 퍼센트는 수착제의 총 중량의 20% 내지 60%, 수착제의 총 중량의 20% 내지 40%, 수착제의 총 중량의 30% 내지 50%, 수착제의 총 중량의 27% 내지 37%, 수착제의 총 중량의 38% 내지 45%, 또는 수착제의 총 중량의 30% 내지 32% 범위이다. 특정 실시양태에서, (아민 화합물 및 다른 첨가제를 포함하는) 유기 함유물의 중량 퍼센트는 수착제의 총 중량의 20 중량% 내지 60 중량%, 수착제의 총 중량의 30 중량% 내지 50 중량%, 수착제의 총 중량의 38 중량% 내지 45 중량%, 또는 수착제의 총 중량의 23 중량% 내지 35 중량% 범위이다. 다공성 지지체 (예를 들어, 코팅된 또는 코팅되지 않은 지지체)의 중량 퍼센트는 수착제의 총 중량의 40 중량% 내지 80 중량%, 수착제의 총 중량의 50 중량% 내지 70 중량%, 수착제의 총 중량의 55 중량% 내지 62 중량%, 또는 수착제의 총 중량의 65 중량% 내지 77 중량% 범위이다.
- [0083] 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 (CO<sub>2</sub>의 흡착) 이어서 수착제가 40°C 초과 및 55°C 미만의 온도에서 유지되는 경우 (CO<sub>2</sub>의 탈착)에 8 g/L 초과이다. 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 (CO<sub>2</sub>의 흡착) 이어서 수착제가 40°C 초과 및 55°C 미만의 온도에서 유지되는 경우 (CO<sub>2</sub>의 탈착)에 10 g/L 초과이다. 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 (CO<sub>2</sub>의 흡착) 이어서 수착제가 40°C 초과 및 55°C 미만의 온도에서 유지되는 경우 (CO<sub>2</sub>의 탈착)에 15 g/L 초과이다. 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 (CO<sub>2</sub>의 흡착) 이어서 수착제가 40°C 초과 및 55°C 미만의 온도에서 유지되는 경우 (CO<sub>2</sub>의 탈착)에 20 g/L 초과이다.
- [0084] 일부 실시양태에서, 수착제의 탈활성화 계수는 25% 초과, 또는 50% 초과이다. 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 수착제의 탈활성화 계수가 25% 초과인 경우에 8 g/L 초과이다. 한 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 수착제의 탈활성화 계수가 25% 초과인 경우에 14 g/L 초과이다. 한 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 수착제의 탈활성화 계수가 50% 초과인 경우에 8 g/L 초과이다. 한 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되고 수착제의 탈활성화 계수가 50% 초과인 경우에 14 g/L 초과이다.
- [0085] 일부 실시양태에서, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 흡착된 CO<sub>2</sub>의 중량 대 수착제의 중량으로서 계산되는 경우에 1.5 wt% 초과, 1.6 wt% 초과, 1.7 wt% 초과, 1.8 wt% 초과, 1.9 wt% 초과, 2.0 wt% 초과, 2.1 wt% 초과, 2.2 wt% 초과, 2.3 wt% 초과, 2.4 wt% 초과, 또는 2.5 wt% 초과이다.
- [0086] 한 실시양태에서, 마모 시험을 수행한 후의 수착제의 중량 손실은 3% 미만이고, 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량은 수착제가 20°C 초과 및 40°C 미만의 온도에서 유지되는 경우에 10 g/L 초과이다. 한 실시양태에서, 마모 시험을 수행한 후의 수착제의 중량 손실은 1.5% 미만이다.
- [0087] 일부 실시양태에서, 신선한 수착제 흡착 용량으로부터, 주위 공기 하에 50°C에서 100시간 동안의 노화로 인한 노화된 흡착 용량으로의 흡착 용량의 감소는 40% 미만이거나, 30% 미만이거나, 20% 미만이거나 10% 미만이다.
- [0088] 도 4는 개시내용의 한 실시양태에 따른 CO<sub>2</sub> 수착제의 제조 방법(400)을 예시하는 흐름도이다. 도 4는 블록 402에서 시작되는데, 여기서는 다공성 지지체 (예를 들어, 복수의 다공성 입자)가 제공된다. 다공성 지지체는 도 3과 관련하여 기술된 것과 유사할 수 있다.
- [0089] 블록 404에서는, 규소-기재 코팅이 다공성 지지체 상에 형성되어 코팅된 지지체 (예를 들어, 실리카-코팅된 지지체)가 형성된다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 테트라에틸오르토실리케이트 (TEOS)를 함유하는 수용액으로 처리된다. 특정 실시양태에서, 다공성 지지체는 50°C 내지 70°C의 온도 (예를 들어, 60°C)에서 1시간 내지 3시간 동안 TEOS와 함께 인큐베이션된다. 다른 실시양태에서, 다공성 지지체는 다른 물질, 예컨대 콜로이

드성 실리카 또는 규산나트륨으로 처리될 수 있다. 규소-기재 코팅은 주위 온도, 진공, 불활성 기체 흐름, 또는 그의 임의의 조합을 포함하지만 이로 제한되지 않는 다양한 조건 하에 형성될 수 있다.

- [0090] 특정 실시양태에서, 코팅된 지지체는 기체-흡착 물질로의 함침 전에 (예를 들어, 규소-기재 코팅을 형성하기 전에 및/또는 후에) 소성된다. 소성은 특정 실시양태에서 400°C 내지 600°C, 다른 실시양태에서 540°C 내지 580°C, 또는 다른 실시양태에서 100°C 내지 150°C의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0091] 블록 406에서는, 아민 용액이 제공된다. 아민 용액은 도3과 관련하여 기술된 것과 유사할 수 있다.
- [0092] 블록 408에서는, 코팅된 지지체가 아민 용액과 혼합되어 수착제를 형성한다. 블록 410에서는, 수착제가 건조된다. 블록 412에서는, 수착제가 소정 부피의 공기와 접촉하고, 소정 부피의 공기로부터 기체를 흡착하도록 조정된다. 블록 408, 410, 및 412는 도 3의 블록 306과 관련하여 기술된 바와 같이 각각 블록 306, 308, 및 310과 유사하게 수행될 수 있다. 생성된 수착제의 특성은 도 3의 생성된 수착제와 관련하여 기술된 것과 동일하거나 유사할 수 있다.
- [0093] 방법의 블록 300 및 400은 비제한적이며, 일부 실시양태에서, 블록 중 일부 또는 전부가 수행될 수 있다는 것을 유념하도록 한다. 일부 실시양태에서, 블록 중 하나 이상은 실질적으로 동시에 수행될 수 있다. 일부 블록은 완전히 생략되거나 반복될 수 있다. 예를 들어, 블록 310 및 412는 생략되거나 나머지 블록과 별도로 수행될 수 있다.
- [0094] 하기 실시예는 개시된 실시양태의 이해를 돕기 위해 제시되며, 물론, 본원에서 기술되고 청구된 실시양태를 구체적으로 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 관련 기술분야의 통상의 기술자가 이해할 수 있는 범위 내에 있는, 현재 공지되어 있거나 이후에 개발되는 모든 등가물의 대체 및 배합비의 변경 또는 실험 디자인의 사소한 변경을 포함하는, 실시양태의 이러한 변화는 본원에 포함된 실시양태의 범주 내에 해당되는 것으로 간주되어야 한다.
- [0095] 일반적인 실시양태의 예시적인 실시예
- [0096] 하소된 클레이 과립이 본 섹션의 하기 실시예에서 다공성 지지체로서 사용되었다. 클레이 과립은 적어도 70 wt%의 아타폴자이트를 포함하였고, 불순물로서 실리카, 칼슘, 및 벤토나이트를 포함하였다. 과립의 평균 크기는 약 0.25 mm 내지 약 1.5 mm 범위였다. 과립의 BET 평균 표면적은 90 m<sup>2</sup>/g 내지 120 m<sup>2</sup>/g 범위였다. 과립의 BJH 평균 기공 부피는 0.42 cc/g 내지 0.5 cc/g 범위였다. BET 평균 기공 반경은 85 옹스트롬 내지 100 옹스트롬 범위였다. 소성된 클레이 과립은 하기에 "클레이 지지체"라고 지칭되고, 하기 실시예에서 사용되는 클레이 지지체는 모두 아타폴자이트-기재 과립이다.
- [0097] 실시예 A1: DEA-함침된 수착제
- [0098] 디에탄올아민 (DEA)을 클레이 지지체 상에 흡수 함침시킴으로써 수착제를 제조하였다. 함침 전에, 클레이 지지체를 560°C에서 2시간 동안 소성시켰다. DEA를 60°C에서 대략 2시간 동안 가열함으로써 용해시켰다. DEA (20 g)를 증류수 6.7 g에 첨가하여 DEA 용액을 제조하였다. 클레이 지지체 (41.4 g) 및 DEA 용액을 60°C에서 15분 동안 가열하고, 5분 동안의 격렬한 교반을 병행하면서 DEA 용액을 클레이 지지체에 부어서, DEA-함침된 수착제를 생성하였다. DEA-함침된 수착제를 60°C에서 2시간 동안 건조시켰다. 수착제의 초기 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 및 DF는 각각 12.42 g/L 및 48%였다. 일부 실시양태에서, 다공성 지지체를 함침 전에 산으로 전처리하였다.
- [0099] 실시예 A2: 혼합된-아민-함침된 수착제
- [0100] DEA, 펜타에틸렌헥사민 (PEHA), 및 글리세롤을 클레이 지지체 상에 흡수 함침시킴으로써 수착제를 제조하였다. 함침 전에, 클레이 지지체를 560°C에서 2시간 동안 소성시켰다. DEA를 60°C에서 대략 2시간 동안 가열함으로써 용해시켰다. DEA (5.36 g), PEHA (5.8 g), 및 글리세롤 (1.53 g)을 증류수 8.11 g에 첨가하여 혼합된-아민 용액을 제조하였다. 소성된 클레이 지지체 (41.4 g) 및 혼합된-아민 용액을 60°C에서 15분 동안 가열하고, 5분 동안의 격렬한 교반을 병행하면서 혼합된-아민 용액을 클레이 지지체에 부어서, 아민-함침된 수착제를 생성하였다. DEA-함침된 수착제를 60°C에서 2시간 동안 건조시켰다. 수착제의 초기 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 및 DF는 각각 13.27 g/L 및 26%였다.
- [0101] 실시예 A3: 흡착 용량 측정
- [0102] 수착제 입자를 충전 층 반응기에 넣음으로써 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 측정하였다. (건물 실내 공기 조건을 모방하기 위

해) 0 부피%의 물 및 1000 ppm의 CO<sub>2</sub> 농도를 사용하여 0.1 m/초의 공기 유량에 대해 25℃에서 60분에 걸쳐 흡착을 측정하였다. (실외 공기 조건을 모방하기 위해) 1%의 물 및 400 ppm의 CO<sub>2</sub> 농도를 사용하여 0.2 m/s의 공기 유량에 대해 50℃에서 30분에 걸쳐 탈착을 측정하였다.

[0103] 도 5는 (평균 기공 부피의 관점에서) CO<sub>2</sub> 흡착 용량에 미치는 DEA 양의 효과를 예시하는데, 이는 DEA 양이 증가함에 따라 CO<sub>2</sub> 흡착 용량이 감소한다는 것을 제시한다. 도 5에 도식적으로 예시된 바와 같이, 이러한 효과는, 기공을 막아서 수착제의 전체 기체-접근 가능 표면적을 감소시킬 수 있는 DEA의 과다 적재로 인한 것 같다.

[0104] 실시예 A4: 열 노화 분석

[0105] 각각의 수착제에 대해 탈활성화 계수를 측정함으로써 수착제의 열 노화에 대한 안정성을 평가하였다. 탈활성화 계수는 노화된 수착제의 흡착 용량 대 신선한 수착제의 흡착 용량의 비이다. 수착제를 1000 ppm CO<sub>2</sub> 및 30℃에서 공기 중에 30분 동안 적용하는 공정 및 N<sub>2</sub> 및 50℃에서 30분 동안 적용하는 공정으로 이루어진 사이클에 5회 적용하는 것인 가속된 열/산화 노출 공정에 적용하고, 그 후에 수착제를 100℃에서 6시간 동안 N<sub>2</sub>에 노출시킨 후에 90℃에서 2시간 동안 공기에 노출시키는 것인 노화 공정에 적용하였다. 노화 공정 후에, 단일 실험에서 노화 전 및 후의 흡착 용량을 비교하기 위해 수착제를 추가로 5회 사이클에 적용하였다.

[0106] 도 5는 추가로 (평균 기공 부피의 관점에서) 탈활성화 계수에 미치는 DEA 양의 효과를 예시하는데, 이는 DEA 양이 증가함에 따라 탈활성화 계수가 증가한다는 것을 제시한다. 증가된 양의 DEA는 수착제의 수명 동안에 DEA 손실로부터 초래될 수 있는 노화 효과를 감소시키는 것 같다.

[0107] 도 6은 다양한 수착제에 대한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 대 탈활성화 계수를 예시하는데, 이는 히드록실-함유 첨가제 (예를 들어, 글리세롤)을 포함시키면 노화 안정성을 개선할 수 있다는 것을 암시한다. 도 7은 다양한 조성을 갖는 다양한 수착제 (예를 들어, 다공성 지지체, 아민 화합물, 글리세롤을 갖거나 갖지 않음)에 대한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량 대 탈활성화 계수를 예시한다.

[0108] 실시예 A5: 마모 시험

[0109] 수착제 입자를 5개의 페니와 함께 15분 동안 기계적으로 진동시키고 이어서 250 마이크로미터 필터를 사용하여 체질하는 5-페니 마모 시험을 사용하여 마모 시험을 수행하였다. 중량 손실을 시험 전의 초기 중량과 최종 체질된 중량 사이의 차로써 계산하였다.

[0110] 도 8a는 다양한 CO<sub>2</sub> 수착제의 내마모성을 예시하는 그래프이고, 도 8b는 상세한 수착제 조성을 제시하는 표이다. 마모 시험 후의 중량 손실은 더 낮은 기공 부피의 실리카 분말로 만들어진 과립의 경우보다 더 높은 기공 부피의 실리카 분말로 만들어진 과립의 경우에 더 낮았다 (예를 들어, 3% 미만). 전형적으로, 도 8a 및 8b에서 사용되는 실리카 분말은 100 내지 200 m<sup>2</sup>/g의 BET 표면적 및 0.2 내지 1.2 cc/g의 BJH 기공 부피를 가졌다. 클레이 분말로 만들어진 과립은 실리카 분말로만 만들어진 과립보다 더 높은 내마모성을 갖는 경향이 있었다.

[0111] 코팅된 지지체의 예시적인 실시예

[0112] 이전의 실시예에 기술된 것과 동일한 클레이 지지체를 하기 실시예에서 사용하였다.

[0113] 실시예 B1: TEOS 처리

[0114] 클레이 지지체를 TEOS (2 내지 20 wt%)를 함유하는 수용액과 혼합하고 60℃에서 2시간 동안 인큐베이션함으로써 가수분해 반응을 개시하여, 실리카-코팅된 지지체를 생성하였다.

[0115] 다른 배치에서는, TEOS를 혼합물의 2 내지 20 wt%의 양으로 클레이 지지체에 첨가하고 (혼합물의 98 내지 80 wt%는 클레이 지지체에 해당함), 그 후에 스페큘라를 사용하여 실온에서 5분 동안 교반하고 2시간 동안 60℃로 가열하였다.

[0116] 실시예 B2: 콜로이드성 실리카로의 처리

[0117] 콜로이드성 실리카 (5 wt%)를 물에 첨가하여, 액체의 총량이 클레이 지지체의 총 액체 보유 용량 (또는 초기 습윤점)과 동일한 콜로이드성 실리카 용액을 제조하였다. 콜로이드성 실리카 용액을 클레이 지지체에 첨가하고, 혼합물을 스페큘라를 사용하여 실온에서 2 내지 3분 동안 교반하였다. 이어서 혼합물을 각각 1 또는 3시간 동

안 100℃ 또는 120℃로 가열하였다.

- [0118] 실시예 B3: 규산나트륨으로의 처리
- [0119] 규산나트륨 (2.6 내지 5.0 wt%)을 물에 첨가하여, 액체의 총량이 클레이 지지체의 총 액체 보유 용량 (또는 초기 습윤점)과 동일한 규산나트륨 용액을 제조하였다. 규산나트륨 용액을 클레이 지지체에 첨가하고, 혼합물을 스페툴라를 사용하여 실온에서 2 내지 3분 동안 교반하였다. 이어서 혼합물을 각각 1 또는 3시간 동안 100℃ 또는 120℃로 가열하였다. 일부 배치에서, 다양한 규산나트륨 조성을 사용하였다 (예를 들어, 48.9%의 고체 함량을 갖고  $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2 = 1.3$ 인 시그마-알드리치(Sigma-Aldrich)로부터 입수된 규산나트륨; 44.1%의 고체 함량을 갖고  $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2 = 1:2$ 인 피큐 코포레이션(PQ Corporation)으로부터의 D<sup>TM</sup> 규산나트륨 용액).
- [0120] 실시예 B4: 규산나트륨으로의 처리
- [0121] 염산 (1M)을 규산나트륨 용액 (44.1%의 고체 함량을 갖고  $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2 = 1:2$ 인 피큐 코포레이션으로부터의 D<sup>TM</sup> 규산나트륨 용액)에, 용액의 pH가 12.9로부터 약 9.0으로 강해질 때까지, 첨가하였다. 생성된 용액 (2.6 wt%)을, 액체의 총량이 클레이 지지체의 총 액체 보유 용량 (또는 초기 습윤점)과 동일하도록 물에 첨가하였다. 규산나트륨 용액을 클레이 지지체에 첨가하고, 혼합물을 스페툴라를 사용하여 실온에서 2 내지 3분 동안 교반하였다. 이어서 혼합물을 3시간 동안 100℃로 가열하였다.
- [0122] 실시예 B5: 수착제의 제조
- [0123] 이전의 실시예의 코팅된 지지체를 사용하여 다양한 수착제 배치를 형성하였다. 각각의 배치를 제조하기 위해, DEA 용액을 코팅된 지지체와 함께 혼합하여 DEA를 코팅된 지지체 상에 (예를 들어, 수착제의 24 wt% 내지 28 wt%의 양으로) 함침시켰다. 스페툴라를 사용하여 실온에서 5분 동안 교반함으로써 DEA 함침을 수행하였다. 함침 전에, 실리카-코팅된 지지체 및 DEA 용액 둘 다를 60℃에서 15 내지 30분 동안 예열하여 DEA가 클레이 지지체 기공 구조 내로 충분히 분산되는 것을 보장하였다. 함침 후에, 혼합물을 N<sub>2</sub> 분위기 하에 60℃에서 2 내지 3시간 동안 건조시켰다.
- [0124] 실시예 B6: 노화 분석
- [0125] 신선한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 각각 10.42 g-CO<sub>2</sub>/L-수착제, 10.67 g-CO<sub>2</sub>/L-수착제, 10.75 g-CO<sub>2</sub>/L-수착제, 및 10.05 g-CO<sub>2</sub>/L-수착제로서 실시예 B1의 수착제 (2 wt%의 TEOS, 28 wt%의 DEA), 실시예 B2의 수착제 (나트륨 이온에 의해 안정화된 5 wt%의 콜로이드성 실리카, 28 wt%의 DEA), 실시예 B3의 수착제 (2.6 wt%의 규산나트륨, 24 wt%의 DEA), 및 실시예 B4의 수착제 (염산 처리된 규산나트륨)에 대해 측정하였다.
- [0126] 수착제를 (달리 지시되지 않는 한) 공기 중에 50℃에서 100시간 동안 오븐에 넣음으로써 수착제 노화를 수행하고, 그 후에 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 측정하였다. 노화 후에, 실시예 B1 (100시간이 아니라 120시간 동안 노화됨), 실시예 B2, 및 실시예 B3의 수착제는 각각 33%, 28%, 및 11%만큼 감소한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 나타내었다. 참조 샘플로서, 클레이 지지체 (실리카 코팅을 갖지 않음) 상에 코팅된 32 wt%의 DEA는 노화 후에 43%만큼 감소한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 나타내었다. 공기 중에 50℃에서 240시간 동안의 노화 후에, 실시예 B1의 수착제는 54%만큼 감소한 CO<sub>2</sub> 흡착 용량을 나타내었다.
- [0127] 도 9는 참조 샘플과 비교된 실시예 B1, 실시예 B2, 및 실시예 B3의 수착제의 CO<sub>2</sub> 흡착 용량에 미치는 노화 시간의 효과를 제시하는 그래프이다.
- [0128] 도 10은 실시예 B1의 수착제에 있어서 수회 사이클에 걸친 CO<sub>2</sub> 흡착 사이클링을 제시하는 그래프이다. 수착제는 27회 사이클 (즉 40.5시간의 연속 작업)에 걸쳐 안정한 성능을 나타내었다.
- [0129] 실시예 B7: 내마모성
- [0130] 수착제 샘플을 5개의 페니를 갖는 체 (60 메쉬, 250 μm)에 넣고 15분 동안 기계적으로 진동시킴으로써 마모 시험을 수행하였다. 마모 중량 손실을 수착제의 총 초기 중량에 대한 체를 통해 손실된 물질의 양으로서 계산하였다. 실시예 B1, 실시예 B2, 실시예 B3, 및 실시예 B4로부터의 수착제에 대해 내마모성 시험을 수행한 후의 마모 중량 손실은 각각 2.7 wt%, 3.8 wt%, 0.4 wt%, 및 0.9 wt%였다. 참조 샘플로서, 클레이 지지체 (실리카

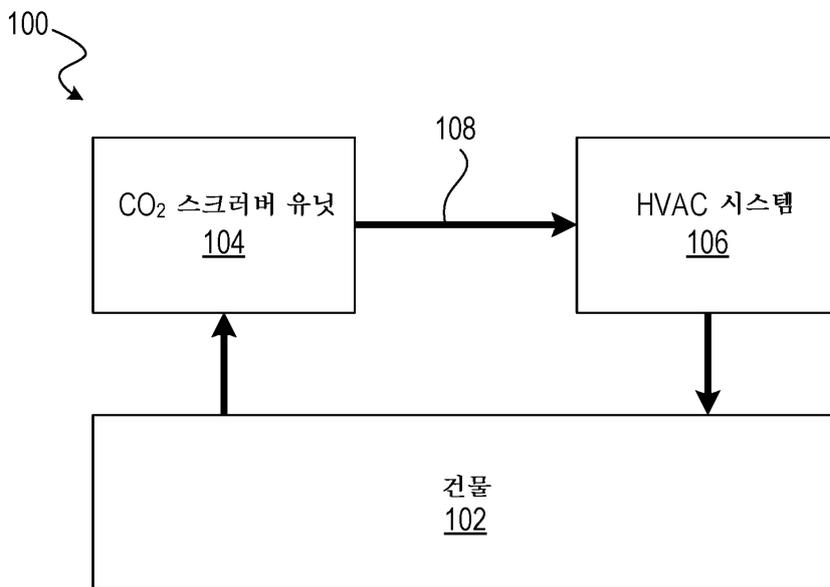
코팅을 갖지 않음) 상에 코팅된 32 wt%의 DEA의 내마모성 시험 후의 마모 중량 손실은 3.7 wt%였다.

[0131] 상기 설명에서는, 본 개시내용의 실시양태의 완전한 이해를 제공하기 위해, 구체적인 물질, 치수, 공정 파라미터 등과 같은 수많은 구체적인 세부 사항이 제시되어 있다. 특정한 특징, 구조, 물질, 또는 특색은 하나 이상의 실시양태에서 임의의 적합한 방식으로 조합될 수 있다. 단어 "실시예" 또는 "실례"는 본원에서 실시예, 예, 또는 예시로서 작용한다는 것을 의미하는 데 사용된다. 본원에서 "실시예" 또는 "실례"로서 기술된 임의의 측면 또는 디자인은 반드시 다른 측면 또는 디자인보다 바람직하거나 유리한 것으로 해석되는 것은 아니다. 오히려, 단어 "실시예" 또는 "실례"의 사용은 개념을 구체적인 방식으로 제시하도록 의도된다. 본 출원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "또는"은 배타적 의미의 "또는"이 아닌 포괄적 의미의 "또는"을 의미하도록 의도된다. 즉, 달리 명시되지 않는 한, 또는 문맥을 통해 분명히 알 수 있지 않는 한, "X는 A 또는 B를 포함한다"는 임의의 자연스러운 포괄적 순열을 의미하도록 의도된다. 즉, X가 A를 포함하거나; X가 B를 포함하거나; X가 A 및 B 둘 다를 포함하면, "X는 A 또는 B를 포함한다"는 임의의 전술된 예에서 충족된다. 또한, 본 출원 및 첨부된 청구 범위에서 사용된 바와 같은 단수 용어는, 단수 형태라고 달리 명시되지 않는 한 또는 이를 문맥을 통해 분명히 알 수 있지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다. 본 명세서 전체에 걸쳐 "실시양태", "특정 실시양태" 또는 "한 실시양태"라는 언급은 실시양태와 연관되어 기술된 특정한 특징, 구조, 또는 특색이 적어도 하나의 실시양태에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전체에 걸쳐 다양한 곳에서 등장하는 어구 "한 실시양태", "특정 실시양태", 또는 "하나의 실시양태"가 반드시 모두 동일한 실시양태를 지칭하는 것은 아니며, 이러한 언급은 "적어도 하나"를 의미한다.

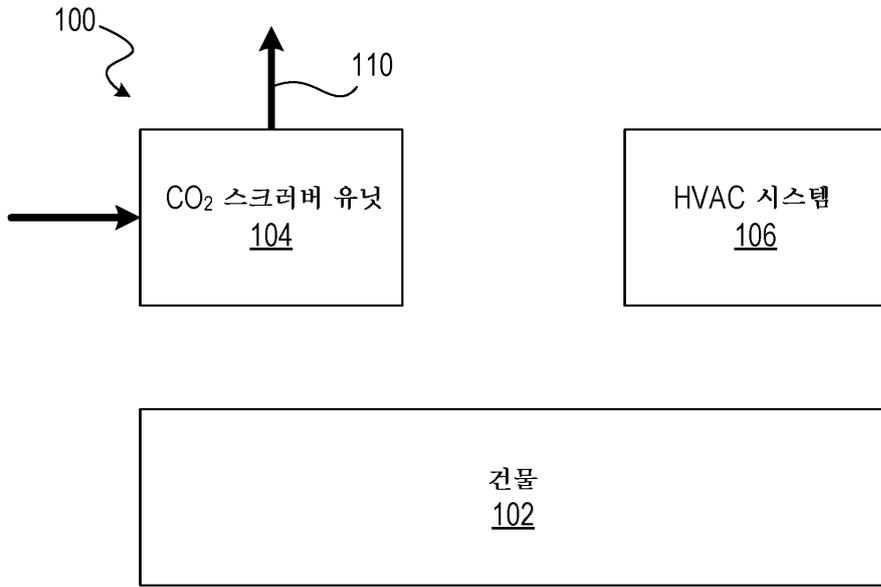
[0132] 상기 설명은 예시적이며 제한적이지 않도록 의도된다는 것을 이해해야 한다. 관련 기술분야의 통상의 기술자가 상기 설명을 읽고 이해한다면 많은 다른 실시양태를 명백하게 알게 될 것이다. 그러므로 개시내용의 범주는 첨부된 청구범위와 관련하여, 이러한 청구범위에 부여되는 등가물의 전체 범주를 참조하여 결정되어야 한다.

**도면**

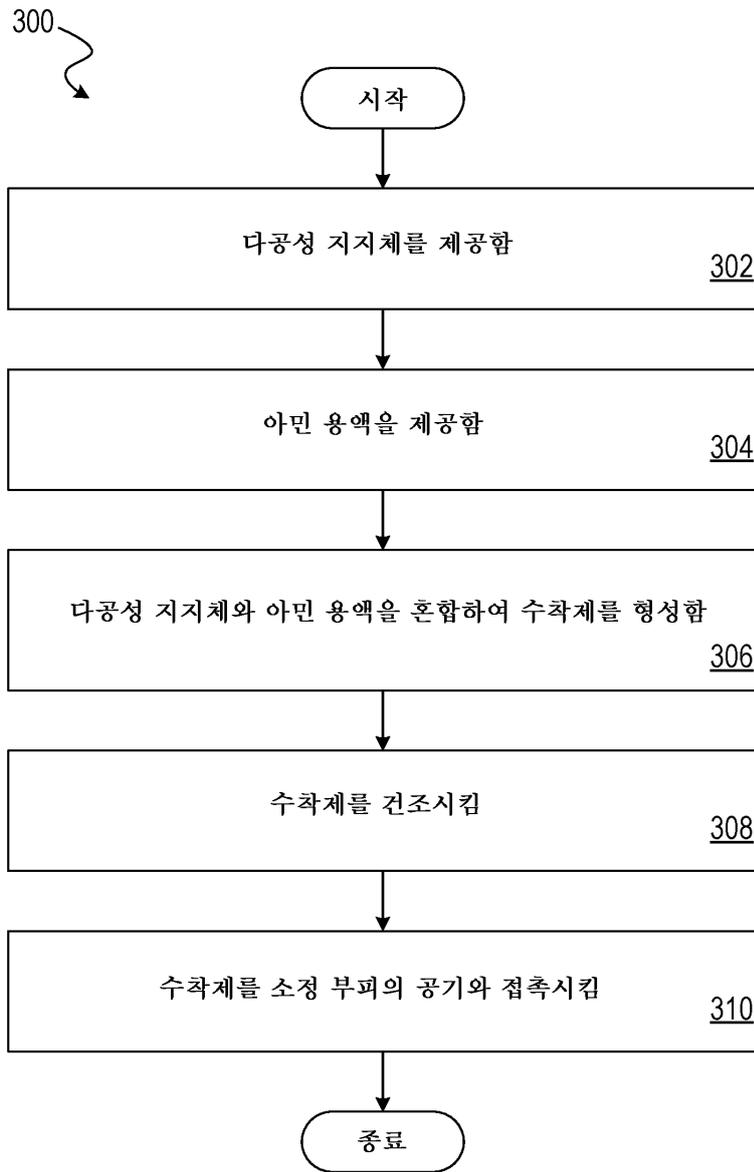
**도면1**



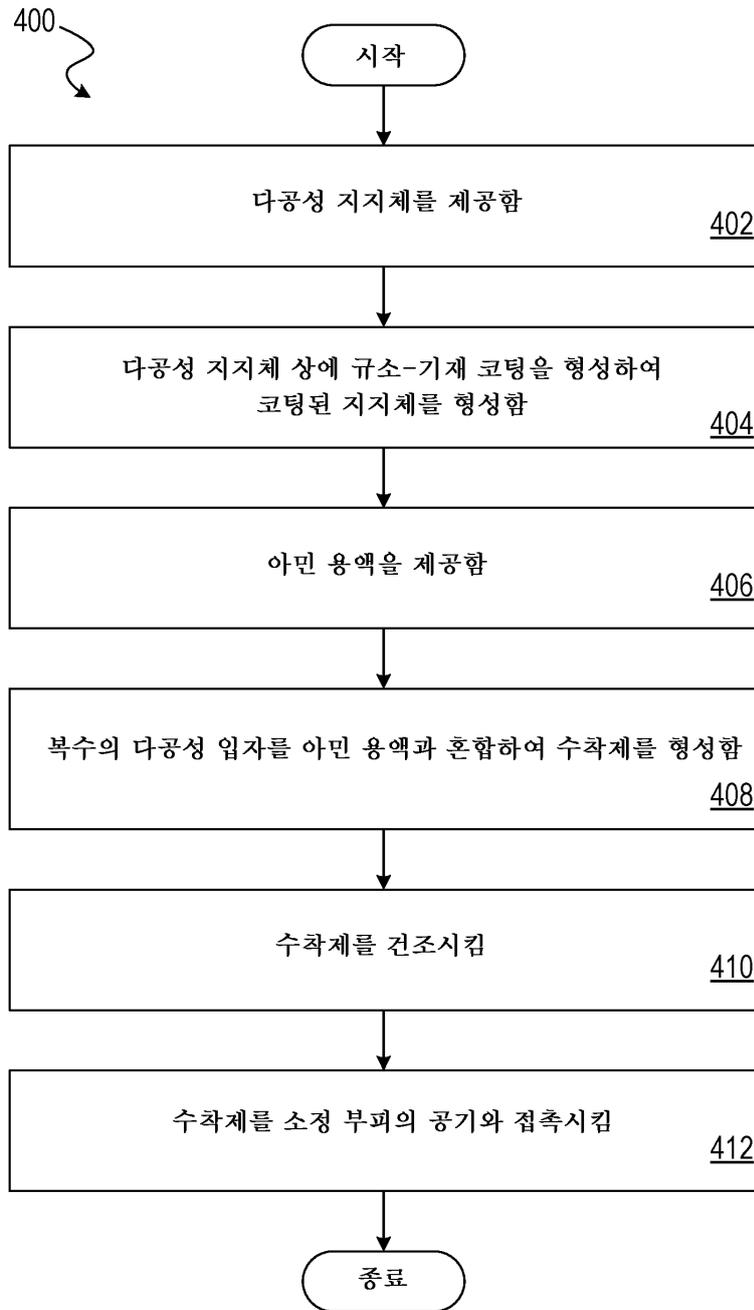
도면2



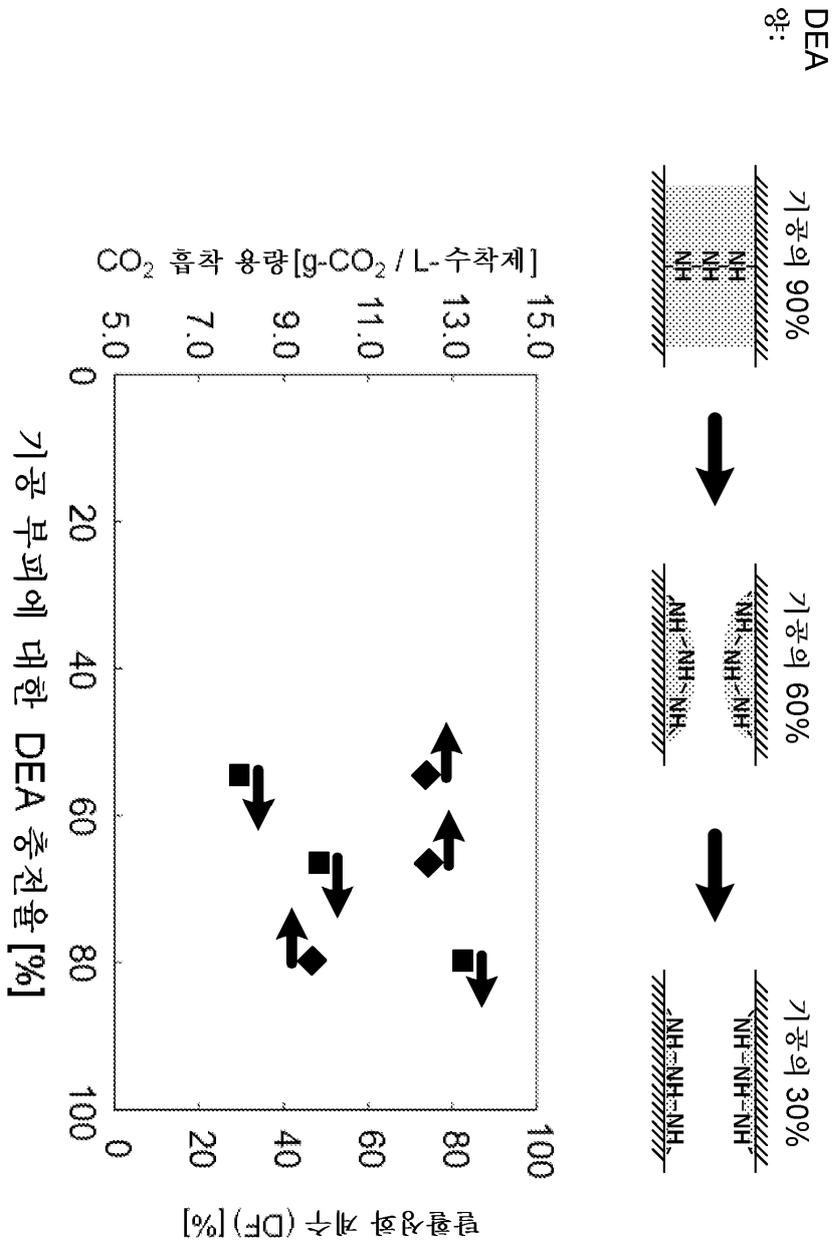
도면3



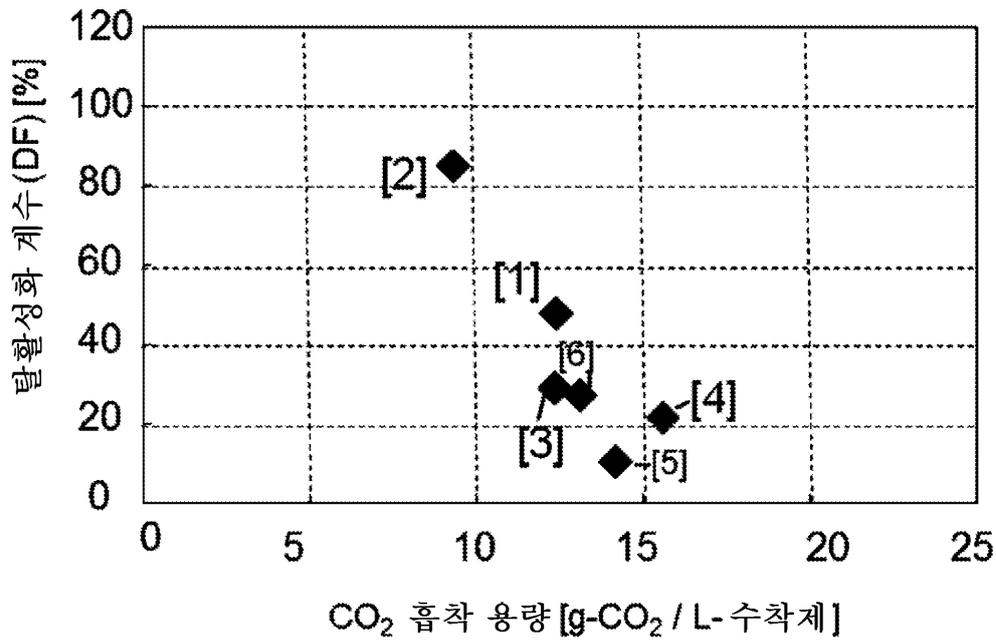
도면4



도면5



도면6



[1] 33% DEA / 67% 클레이 지지체

[2] 36% DEA / 64% 클레이 지지체

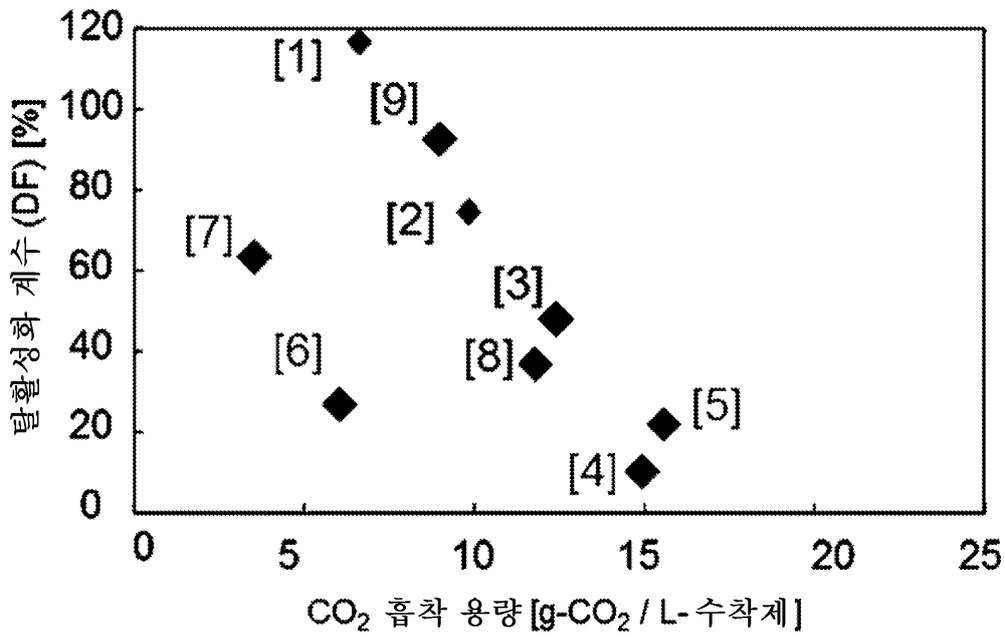
[3] 28% DEA / 72% 클레이 지지체

[4] 12% DEA / 15% PEHA / 73% 클레이 지지체

[5] 10% DEA / 13% PEHA / 77% 클레이 지지체

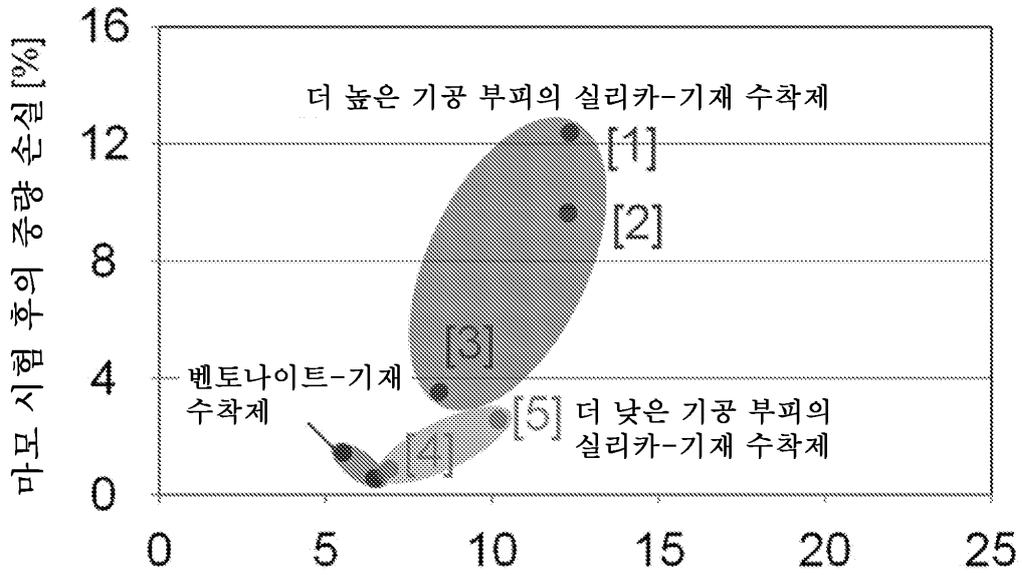
[6] 10% DEA / 11% PEHA / 3% 글리세롤 / 77% 클레이 지지체

도면7



- [1] 30% DEA / 1% NaOH / 69% AG160
- [2] 22% DEA / 1% NaOH / 77% AG160
- [3] 33% DEA / 67% 클레이 지지체
- [4] 12% DEA / 16% TEPA / 73% 클레이 지지체
- [5] 12% DEA / 15% PEHA / 73% 클레이 지지체
- [6] 26% TEPA / 73% 클레이 지지체
- [7] 26% PEHA / 74% 클레이 지지체
- [8] 15% PEHA / 13% 글리세롤 / 72% 클레이 지지체
- [9] 20% PEHA / 7% 글리세롤 / 73% 클레이 지지체

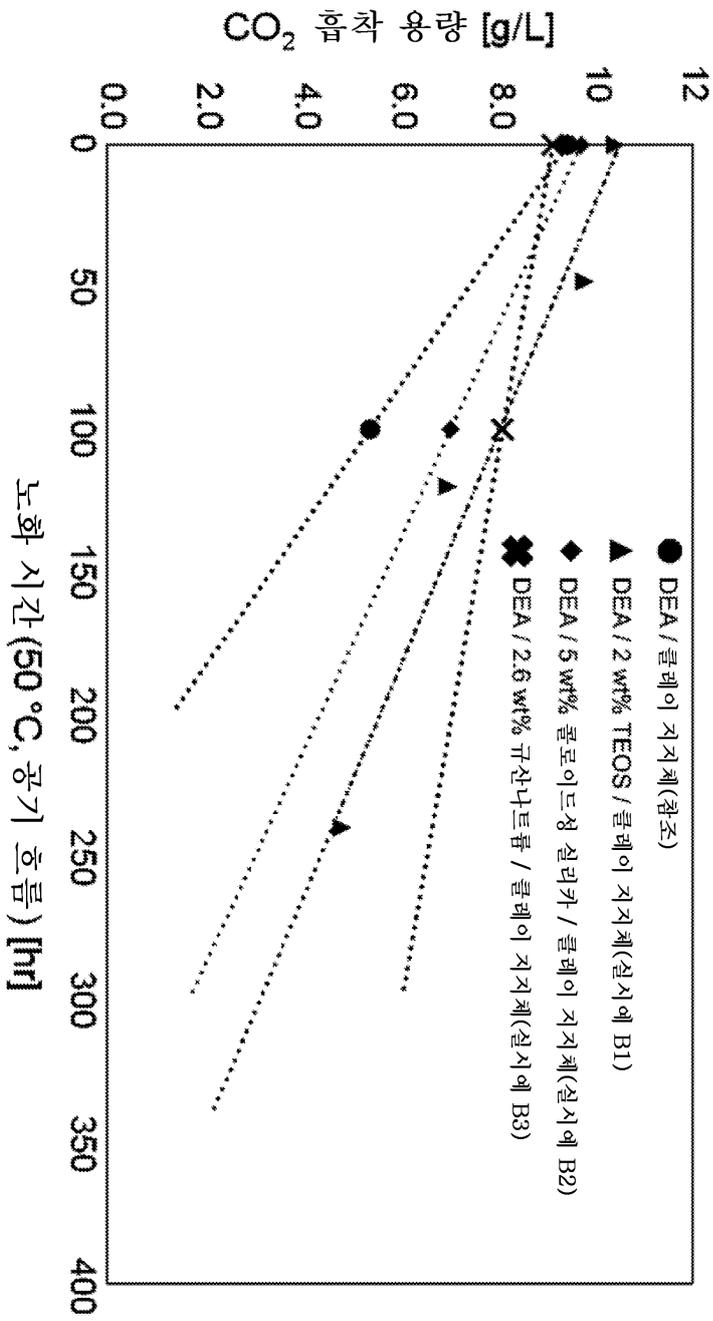
도면8a



도면8b

	지지체	아민	CO <sub>2</sub> 흡착 용량 (g-CO <sub>2</sub> / L-수착제)	마모 시험 후의 중량 손실 (%)
[1]	40% 실리카 분말 (-> 과립)	60% DEA	12.97	12.3%
[2]	35% 실리카 분말 25% 클레이 분말 (아타폴자이트) (-> 과립)	40% DEA	12.72	8.7
[3]	30% 실리카 분말 30% 분쇄된 클레이 분말 (-> 과립)	40% DEA	14.05	-
[4]	35% 실리카 분말 25% 클레이 분말 (아타폴자이트) (-> 과립)	40% DEA	8.64	3.3%
[5]	30% 실리카 분말 30% 클레이 분말 (아타폴자이트) (-> 과립)	40% DEA	6.38	0.9%
[5]	48% 실리카 분말 12% 클레이 분말 (벤토나이트) (-> 과립)	40% DEA	10.82	2.9%

도면9



도면10

